

18 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 26 877 A 1

21 Aktenzeichen: 197 26 877.3  
22 Anmeldetag: 24. 6. 97  
43 Offenlegungstag: 7. 1. 99

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 5/225  
H 04 N 5/14  
G 06 T 5/00  
G 06 T 1/40  
A 61 B 1/04  
// H04N 7/18

DE 197 26 877 A 1

71 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

74 Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80336  
München

72 Erfinder:  
Urban, Volker, Dr., 65307 Bad Schwalbach, DE;  
Schünemann, Matthias, 70839 Gerlingen, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 43 19 502 A1  
DE 94 14 957 U1  
US 52 27 835  
JP 04-2 00 081 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bildverarbeitungssystem und Verfahren zur Bildverarbeitung für Endoskope

57 Die Erfindung betrifft ein Bildverarbeitungssystem und ein Verfahren zur Bearbeitung von mit Endoskopen erhaltenen Bildern und soll zur Bildrestauration verwendet werden können, wobei sowohl sämtliche Verzeichnungs- und andere Fehler korrigiert als auch der physikalisch bedingte Helligkeitsabfall zu den Bildrändern kompensiert werden sollen. Das erfindungsgemäße Bildverarbeitungssystem und das Verfahren zur Bildverarbeitung für Endoskope mit einer Optik mit einstellbarer Brennweite, bei dem Objekte auf einem elektronischen Bildwandler abbildbar und digitalisiert über eine elektronische Bildverarbeitung einem Display zuführbar sind, verwendet ein neuronales Netzwerk als Korrektursystem für Abbildungsfehler der Optik und/oder für den Randabfall der Helligkeit.

DE 197 26 877 A 1

Die Erfindung betrifft ein Bildverarbeitungssystem und ein Verfahren zur Bearbeitung von mit Endoskopen erhaltenen Bildern nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Dabei soll die erfindungsgemäße Lösung zur Bildrestauration verwendet werden können, wobei sowohl sämtliche Verzeichnungs- und andere Fehler korrigiert als auch der physikalisch bedingte Helligkeitsabfall zu den Bildrändern kompensiert werden sollen. Solche Endoskope mit veränderlichen Brennweitenbereich ermöglichen eine entsprechend variable Vergrößerung und dadurch auch eine Sichtwinkelbereichsänderung, können sie in den verschiedensten Gebieten der Technik und insbesondere in der Chirurgie eingesetzt werden. Unter operativen und diagnostischen Bedingungen ist es häufig erforderlich, die verschiedensten Informationen über die zu betrachtenden Objekte einmal in einem Überblick und zum anderen im Mikrobereich zu gewinnen. Da dies in der Regel durch Veränderung der Brennweite der jeweiligen Optik erreicht wird, ist es erforderlich, die Abbildungsfehler, bei den Bildern auftretenden Verzeichnungen und den Helligkeitsabfall zu den Bildrändern auszugleichen, wobei keine oder nur sehr kleine Zeitkonstanten zugelassen werden dürfen, also eine zumindest nahezu Echtzeitdarstellung erfolgen muß.

Bisher üblicherweise verwendete Endoskope mit elektronischer Bildübertragung arbeiten einmal mit einer proximalseitig angeordneten Videokamera oder es wird ein elektronischer Bildwandler (CCD-Sensoren) im Anschluß an eine entsprechend ausgebildete Optik angeordnet, mit der die Brennweite in Stufen oder kontinuierlich verändert werden kann.

Mit dem Bildwandler wird dann das dort abgebildete Bild in elektronische Signale umgewandelt und auf herkömmliche Art und Weise verarbeitet, einem Display (z. B. Monitor) zugeführt und dort kann das Bild des jeweils anvisierten Objektes optisch sichtbar gemacht werden.

Ein solches Endoskop ist beispielsweise aus DE 43 19 502 A1 bekannt, wobei ein Zoom-Objektiv, bestehend aus mehreren Linsen, eingesetzt wird, die mittels einer Mechanik eine Brennweitenveränderung ermöglichen. Dabei wird ein Sensor verwendet, um ein distales fokussieren zu ermöglichen und damit für den Benutzer die Augenabberation konstant bleibt, um eine einfache und bequeme Benutzung im gesamten Brennweitenbereich zu erreichen.

Bei diesem bekannten Endoskop ist es jedoch nicht möglich, sämtliche Abbildungsfehler, die bedingt durch die eingesetzte Optik auftreten, zu berücksichtigen und zu korrigieren, so daß eine nahezu originalgetreue Darstellung des anvisierten Objektes nicht möglich wird und insbesondere Verzeichnungsfehler und Helligkeitsfehler an den Bildrändern unberücksichtigt bleiben.

Von R. Wartmann ist in "Die Entzerrung verzeichnungsbehafteter Bilder in der messenden digitalen Bildverarbeitung"; Jahrbuch für Optik und Feinmechanik 43. Jahrgang (1996); Berlin; Verlag Schiele & Schön, auf das Erfordernis der Korrektur von Verzeichnungsfehlern hingewiesen worden. Dabei wird beispielhaft ein Algorithmus beschrieben, wie auf iterativem Wege konstruktionsbedingte (systematische, reproduzierbar auftretende) Verzeichnungsfehler korrigiert werden können. Ausgehend aus der Kenntnis über die jeweilige Grundverzeichnung und die Pupillenabberation können diese Fehler rechnerisch bei einer Bildverarbeitung berücksichtigt werden, wobei eine entsprechend relativ lange Bearbeitungszeit erforderlich ist, so daß die Abarbeitung des Algorithmus für eine Echtzeitdarstellung zu lange dauert. Die Bestimmung der Randbedingungen und die notwendige Kalibrierung des Algorithmus für eine ausreichende Anzahl von Einzelpositionen eines Zoom-Objektives für die verschiedenen eingestellten Brennweiten ist sehr aufwendig, so daß der Einsatz unter Bedingungen, wie sie in der Chirurgie herrschen, wenn überhaupt nur bedingt erfolgen kann. Eine Korrektur von auf Fertigungstoleranzen und fertigungsbedingte Fehler zurückgehenden (sogenannten zufälligen) Verzeichnungsfehlern ist mit derartigen Algorithmen nicht möglich.

Daneben ist aus der US 5,313,306 eine Pseudo-Zoom-Kamera bekannt, bei der anstelle eines herkömmlichen Zoom-Objektives ein Weitwinkelobjektiv eingesetzt wird. Die Auswahl des Bildausschnittes und des Bildwinkels wird bei dieser Lösung durch die Bildverarbeitung erreicht. Eine eventuelle Vergrößerung der Abbildung wird dabei dadurch erreicht, daß nur die Informationen einer Teilfläche des Bildwandlers bei der letztendlichen Abbildung berücksichtigt werden. Dies hat einmal den Nachteil, daß die Ansprüche an die Bildauflösung der Abbildung und damit der Bildqualität verringert werden müssen oder es muß ein sehr hochauflösender CCD-Wandler verwendet werden, der sehr kostenintensiv ist und in seinen Abmessungen noch so groß ist, daß er nicht ohne weiteres im Endoskop integriert werden kann.

Aus US 5,313,306 ist es weiter bekannt, die Bildkorrektur auf der Basis einer mathematischen Transformation vorzunehmen, deren Parameter über eine Modellbildung aus den Abbildungseigenschaften des optischen Systems gewonnen werden. Dabei erfolgt keine vollständige Korrektur sämtlicher Fehler und insbesondere die systematischen Fehler des jeweiligen Endoskoptyps und die Fehler, die durch Fertigungstoleranzen und Unregelmäßigkeiten bei der Herstellung bedingt sind, werden nicht berücksichtigt, so daß individuelle Korrekturen nur im begrenzten Maße erfolgen.

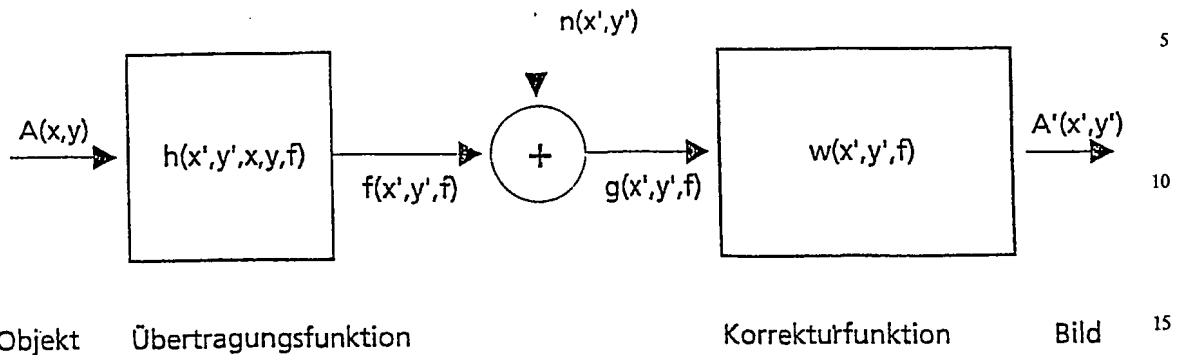
Bei dieser Lösung erfolgt auch keine Korrektur des Fehlers, der durch Helligkeitsabfall an den Bildrändern hervorgerufen wird.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zu schaffen, mit der optische Informationen, die mit einem Endoskop oder einem endoskopähnlichen Gerät erhalten werden können, so zu verarbeiten, daß eine nahezu Echtzeitabbildung des anvisierten Objektes bei gleichzeitiger nahezu vollständiger Korrektur sämtlicher Abbildungsfehler, die durch die mit einer Brennweitenveränderung versehene Optik hervorgerufen werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im Patentanspruch 1 genannten Merkmale für das erfindungsgemäße Bildverarbeitungssystem und die Merkmale des Patentanspruchs 10 für das Bildverarbeitungsverfahren gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich bei Verwendung der in den untergeordneten Ansprüchen enthaltenen Merkmale.

Dabei ist es bei der erfindungsgeinäßen Lösung möglich durch Kompensation bzw. Korrektur das fehlerbehaftete Übertragungsverhalten des gesamten optischen und elektronischen Systems zu beeinflussen, wobei auch das den Bildsignalen überlagerte Rauschen entsprechend berücksichtigt werden kann. Dies soll nachfolgend schematisch durch die Darstellung der fehlerbehafteten Bildfunktion  $g(x', y', f)$ , die durch die Übertragungsfunktion des gesamten optisch/elektronischen Systems  $h(x', y', x, y, f)$  mit dem überlagerten Rauschen  $n(x', y')$  gebildet wird, sowie der dem optisch/elektronischen System nachgeschalteten Korrekturfunktion  $w(x', y', f)$  gezeigt werden.

## Rauschüberlagerung



Dabei stehen  $x, y$  für die planaren Objektkoordinaten,  $x', y'$  für die Koordinaten der diskreten Intensitätssensoren (Pixel) auf dem Bildaufnahmesensor (CCD-Matrix) sowie  $f$  für die Brennweite der Zoom-Optik.

Erfindungsgemäß werden die optikbedingten Abbildungsfehler unter Verwendung eines echtzeitfähigen neuronalen Netzwerkes korrigiert. Das neuronale Netzwerk wird dabei an einer Schnittstelle zwischen einer Signalvorverarbeitung, bei der die Signale verstärkt, konditioniert und digitalisiert werden und einer Signalverarbeitung, bei der die Signale gegebenenfalls gefiltert, einer Merkmalsextraktion unterzogen und über ein Interface einem Display zuführbar werden, angeordnet.

Die Korrekturfunktion  $w(x', y', f)$  wird erfindungsgemäß durch ein ein- oder mehrlagiges neuronales Netzwerk bereitgestellt, dessen Schwerpunktwerte die Korrekturfunktion definieren. Zur Ermittlung der Schwerpunktwerte und damit der Korrekturfunktion in Abhängigkeit von der aktuellen Brennweite  $w(x', y', f)$  werden mehrere in Gestaltung und Größe bekannte Muster als Objekt anvisiert. Aus dem dabei erhaltenen fehlerbehafteten Bildsignal  $g(x', y', f)$  sowie der bekannten Objektfunktion  $A(x, y)$  wird mit dem Ziel einer weitestgehenden Kongruenz von Objektfunktion  $A(x, y)$  und Bildfunktion  $A'(x', y')$  durch einen Trainingsprozeß die Korrekturfunktion  $w(x', y', f)$  für eine endliche Menge von Brennweiten  $f$  gewonnen. Das entsprechende Abbild dieser Korrekturfunktion wird in Form ermittelter Schwerpunktwerte für verschiedene bei der Optik eingestellte Brennweiten in einem Datenspeicher abgelegt.

Für die Reproduktion der Korrekturfunktion ist das neuronale Netzwerk mit einer nichtflüchtigen, programmierbaren Speichereinrichtung für die Speicherung der für die jeweilige Brennweite gültigen Schwerpunktwerte verbunden.

Die gespeicherten Schwerpunktwerte werden für die brennweitenabhängige Korrekturfunktion  $w(x', y', f)$  über einen Baustein bzw. eine Funktion zur Parameterauswahl aus dem Speicher ausgelesen, dem neuronalen Netzwerk zur Verfügung gestellt und für die Korrektur des Bildsignals verwendet.

Hierfür wird ein Brennweitenerfassungssystem verwendet, das, wie noch zu beschreiben sein wird, in unterschiedlichster Form angewendet werden kann.

Die jeweilige Brennweite kann dabei beispielsweise bei einem Zoom-Objektiv mit einem Positionssensor an der Optik erfaßt werden und das Signal, das der eingestellten Brennweite entspricht, kann über eine Positionsauswertung dem Baustein bzw. der Funktion zur Parameterauswahl und damit der durch das neuronale Netzwerk realisierten Korrekturfunktion  $w(x', y', f)$  zur Verfügung gestellt werden.

Eine andere Möglichkeit zur Erfassung der jeweils mit der Optik eingestellten Brennweite besteht darin, daß die Steuersignale eines Antriebes für die Einstellung der Brennweite an der Optik des Endoskopes parallel zur Positionsauswertung herangezogen werden, um die eingestellte Brennweite zu erfassen und das entsprechende Brennweitesignal in der gleichen Form für die Fehlerkorrektur auszunutzen, wie dies bei der Verwendung des bereits genannten Positionssensors der Fall war.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zur Erfassung der eingestellten Brennweite der Optik besteht darin, daß eine Hilfsstruktur in den Strahlengang des optischen Systems, bevorzugt auf einem der optischen Bauelemente, angeordnet wird. Diese Hilfsstruktur hat eine bekannte Geometrie und eine bekannte Größe, so daß sich die Abbildung auf dem elektronischen Bildwandler brennweitenabhängig verändert. Mit den bekannten Daten der Hilfsstruktur kann das auf dem elektronischen Bildwandler abgebildete Bild der Hilfsstruktur ausgenutzt werden, um die Brennweite zu berechnen. Da die Hilfsstruktur bekannt ist, kann diese auf elektronischem Wege bei der nachfolgenden Bildverarbeitung wieder aus der eigentlichen Abbildung des Objektes ausgeblendet werden. Diese Struktur kann aber auch so ausgebildet sein, daß ihre Größe so klein gehalten oder so angeordnet ist, daß sie bei der letztendlichen Abbildung auf dem Display zu vernachlässigen ist.

Mit der Erfindung ist es nunmehr, im Gegensatz zu den bekannten Lösungen, möglich, eine kontinuierliche Beobachtung durchzuführen, wie sie bei chirurgischen Operationen unabdingbar ist, und außerdem über die gesamte Zeit eine große Variationsbreite für Brennweite und Sichtwinkel bei weitgehender Korrektur der konstruktions- und fertigungstoleranzabhängigen Abbildungsfehler und Verzeichnungen zu erreichen. Mit der erfindungsgemäßen Verwendung von neuronalen Netzwerken ist es im Gegensatz zum bekannten möglich, sowohl baureihenweise (systematische), wie auch gerätespezifische (zufällige) Fehler und Einflüsse auszugleichen und dies auch dann, wenn solche Fehler an sich unbekannt und/oder analytisch nicht oder nur mit sehr großem Aufwand zu erfassen sind. Das neuronale Netzwerk ist in der Lage solche Fehler bei der Korrektur des Bildes des abzubildenden Objektes zu berücksichtigen. Mit der Erfindung ist es, im Gegensatz zu den bekannten Lösungen, weiterhin möglich, eine kontinuierliche Beobachtung durchzuführen und zeitgleich den optisch bedingten Helligkeitsabfall zu den Bildrändern zu kompensieren. Dadurch wird eine automatische Kalibrierung des Endoskopes erreichbar.

Mit der Realisierung des Bildverarbeitungssystems und Bildverarbeitungsverfahrens zur Bildrestauration nach der Erfindung können Verzeichnungs- und andere Fehler bei Endoskopen oder endoskopähnlichen Geräten bei der Abbildung korrigiert werden, so daß solche Systeme sehr flexibel und allgemein anwendbar sind. Sie können bei sehr vielen diagnostischen und therapeutischen Aufgaben in der Medizin Verwendung finden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, sie auf anderen Gebieten der Technik mit den bereits genannten Vorteilen einzusetzen, da ein solches System mit relativ geringen Kosten hergestellt werden kann.

In der Medizin oder in der Technik können die verschiedensten Objekte bei verschiedensten Situationen, in Abhängigkeit von den jeweiligen Erfordernissen abgebildet werden.

Es können konstruktionsbedingte Abbildungsfehler der Optik, die sich in Verzeichnung oder Pupillenabberation manifestieren, korrigiert werden. Solche Fehler können durch Fertigungstoleranzen, wie Zentrierfehler, rotationssymmetrische und nichtrotationssymmetrische Abweichungen von den Konstruktionsparainetern, insbesondere an den verwendeten Linsen in Echtzeit kontinuierlich oder quasikontinuierlich über den gesamten Brennweitenbereich berücksichtigt werden.

Auch der optisch bedingte Helligkeitsabfall an den Bildrändern kann entsprechend kontinuierlich oder quasikontinuierlich über den gesamten Brennweitenbereich kompensiert werden.

Neben diesen genannten Fehlern können auch die bei der optoelektronischen Signalwandlung auftretenden Fehler (z. B. Bildrauschen) in Echtzeit kontinuierlich oder quasikontinuierlich über den gesamten Brennweitenbereich berücksichtigt werden, wobei auch eine Überlagerung mit den erstgenannten Fehlerarten keine Probleme bei der Korrektur mit sich bringt. Das erfindungsgemäß ausgebildete Bildverarbeitungssystem ist robust und zuverlässig, da die verwendete Anzahl mechanisch betätigter Teile sehr beschränkt ist.

Nachfolgend soll die Erfindung an Ausführungsbeispielen näher beschrieben werden.

Dabei zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels nach der Erfindung;

Fig. 2 ein weiteres Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bildverarbeitungssystems und

Fig. 4 drei Darstellungen von Mustern für die Trainierung des erfindungsgemäß zu verwendenden neuronalen Netzwerkes.

Die Fig. 1 bis 3 geben verschiedene Ausführungsbeispiele für die Erfindung in Form von Blockschaltbildern wieder.

Bei dem in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel wird ein Objekt 1 mittels eines Endoskopes oder eines endoskopähnlichen Gerätes 2, das mit einer Optik 3 mit einer stark veränderlichen Brennweite ausgestattet ist, auf einen Bildwandler 4 abgebildet. Der Bildwandler 4 wandelt die optischen Informationen in elektronische Signale und diese gewandelten Signale gelangen über eine Signalvorverarbeitungs-/Signalkonditionierungseinheit 5 in digitalisierter Form zu einem bildkorrigierenden System 6. Das bildkorrigierende System 6 wird aus einem neuronalen Netzwerk 7, einem Speicher 8 für Schwerpunktwerte, einer Ablaufsteuerung 9, einer Einheit zur Parameterauswahl 10 und entsprechenden Ein-/Ausgabebausteinen 11 und 12 gebildet. Die Korrektur der gewandelten Signale erfolgt in Abhängigkeit der momentanen Brennweite der Optik 3 mit Hilfe des neuronalen Netzwerkes 7, so daß eine Bildverarbeitungseinheit 13 bzw. einem Display 14 Signale, die ein weitgehend fehler- und verzeichnungsfreies Abbild des Objektes 1 repräsentieren, zur Verfügung gestellt werden.

Die Brennweitereinstellung der Optik 3 kann dabei manuell aber auch unter Verwendung eines Antriebes erfolgen.

Bei diesem Beispiel wird die aktuelle Brennweite unter Verwendung eines Positionssensors 16 erfaßt und über eine Positionsauswertung 19 zur Paraineterauswahl 10 dem neuronalen Netzwerk 7 zur Korrektur der das Bild repräsentierenden Informationssignale zur Verfügung gestellt, wobei diese aus dem Speicher 8 brennweitenabhängige Schwerpunktwerte auslesbar sind.

Bei dem in der Fig. 2 dargestellten Blockschaltbild für ein zweites Ausführungsbeispiel wird anstelle des Positionssensors 16 für die Optik 3 das Steuersignal einer Zoom-Steuerung 18 für einen Antrieb der Optik 3, mit dem die Brennweite verändert werden kann, zur Brennweitenerfassung ausgenutzt.

Die Berücksichtigung der gemessenen Brennweite bei der Bildkorrektur erfolgt dann in der gleichen Form, wie dies bereits für das erste Ausführungsbeispiel ausgeführt worden ist.

Bei dem in der Fig. 3 gezeigten Blockschaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels wird auf eine direkte Messung der Objektivposition verzichtet und die Brennweite auf indirektem Wege ermittelt. Dabei wird im optischen Strahlengang, bevorzugt auf einem der bewegten optischen Bauelemente der Optik 3 eine Hilfsstruktur angeordnet, deren Geometrie und Größe bekannt ist. Die entsprechenden Informationen über die Hilfsstruktur werden ähnlich verarbeitet, wie dies mit den Signalen des Objektes 1 der Fall ist. Von der Bildverarbeitung 13 werden die der Hilfsstruktur entsprechenden Signale einer Positionsauswertung 19 für die Parameterauswahl 10 zur Verfügung gestellt, um die mit der Positionsauswertung 19 bestimmte Brennweite der Optik 3 bei der Korrektur zu berücksichtigen. Dies ist dadurch möglich, daß die Ausgangskordinaten der Hilfsstruktur bekannt sind und deren Abbildung auf dem Bildwandler 4 entsprechend der eingestellten Brennweite der Optik 3 erfolgt und mit der Abbildung der Hilfsstruktur auf dem Bildwandler 4 die eingestellte Brennweite der Optik 3 rechnerisch bestimmt werden kann.

In der Fig. 4 sind dann verschiedene Muster 20, 21 und 22 gezeigt, die anstelle des Objektes 1 zum Trainieren des neuronalen Netzwerkes 7 und damit zur Ermittlung der Bildkorrekturfunktion eingesetzt werden.

Da die Ausgangsmuster in ihrer Form und Größe bekannt sind, kann deren fehlerbehaftete Abbildung auf dem Bildwandler 4 mit einer ideal zu erwartenden Abbildung verglichen werden. Aus diesem Vergleich ermittelt das selbstlernende neuronale Netzwerk 7 die die Bildkorrekturfunktion determinierenden Schwerpunktwerte, die für verschiedene Brennweiten der Optik 3 im Schwerpunktwertespeicher 8 abgelegt werden. Diese im Speicher 8 abgelegten Schwerpunktwerte werden im weiteren brennweitenabhängig mit Hilfe der Positionsauswertung 19 und der Paraineterauswahl 10 bei der Bildwiedergabe im Echtzeitbetrieb des Endoskopes 2 für die Korrektur sämtlicher Bildfehler eingesetzt.

Die Muster 20, 21 und 22 sind dabei vorteilhaft so ausgebildet, daß mit Ihnen Helligkeits- und Verzeichnungsfehler der jeweiligen Optik 3 für das spezifische Endoskop 2 erkannt, korrigiert und bei der Bildverarbeitung entsprechend be-

rücksichtigt werden können.

# Patentansprüche

1. Bildverarbeitungssystem für Endoskope mit einer Optik mit einstellbarer Brennweite, bei dem Objekte (1) auf einem elektronischen Bildwandler (4) abbildbar und digitalisiert über eine elektronische Bildverarbeitung einem Display (14) zuführbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein neuronales Netzwerk (7) als Korrektursystem für Abbildungsfehler der Optik (3) und/oder für den Randabfall der Helligkeit integriert ist. 5
2. Bildverarbeitungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das neuronale Netzwerk (7) an einer Schnittstelle zwischen einer digitalisierenden Signalvorverarbeitungsstufe und einer Signalverarbeitungsstufe geschaltet ist. 10
3. Bildverarbeitungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das neuronale Netzwerk (7) mit einem nichtflüchtigen, programmierbaren Speicher (8), zur Speicherung von für das neuronale Netzwerk (7) benötigten Schwerpunktwerten, verbunden ist.
4. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein System zur Erfassung der eingestellten Brennweite mit dem neuronalen Netzwerk (7) verbunden ist. 15
5. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das System zur Erfassung der eingestellten Brennweite mit einem Positionsauswertungssystem (19) für die Optik (3) verbunden ist.
6. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die eingestellte Brennweite mit einem Positionssensor (16) an der Optik (3) meßbar ist. 20
7. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das System zur Erfassung der eingestellten Brennweite der Optik (3) mit einem Antrieb (17) zur Einstellung der Brennweite, dessen Steuersignale erfassend, verbunden ist.
8. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in den Strahlengang des optischen Systems (3, 4) eine Hilfsstruktur bekannter Geometrie und Größe angeordnet ist. 25
9. Bildverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (3) ein Zoom-Objektiv ist.
10. Verfahren zur Bildverarbeitung von Endoskopen, deren Brennweite einstellbar ist und bei dem das Objekt (1) mit einer einstellbaren Optik (3) auf einem Bildwandler (4) abgebildet, mit einer Signalvorverarbeitung die Bildsignale digitalisiert; 30  
und die digitalisierten Bildinformationen mittels eines neuronalen Netzwerkes (7), unter Berücksichtigung der eingestellten Brennweite, korrigiert und in korrigierter Form auf einem Display (14) abgebildet werden.
11. Verfahren zur Bildverarbeitung von Endoskopen, deren Brennweite einstellbar ist und bei dem das Objekt (1) mit einer einstellbaren Optik (3) auf einem Bildwandler (4) abgebildet, mit einer Signalvorverarbeitung die Bildsignale digitalisiert; 35  
und die digitalisierten Bildinformationen mittels eines neuronalen Netzwerkes (7) unter Berücksichtigung des eingestellten Bildwinkels hinsichtlich des auftretenden Helligkeitsabfalles zu den Bildrändern kompensiert und in kompensierter Form auf einem Display (14) abgebildet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur unter Berücksichtigung von in einem Speicher (8), mittels einer Erkennung von bekannten Mustern (20, 21, 22) für verschiedene Brennweiten der Optik (3) erfaßten Schwerpunktwerten durchgeführt wird. 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die eingestellte Brennweite mit mindestens einem Positionssensor (16) an der Optik (3) gemessen und das Meßsignal zum Auslesen der entsprechenden Schwerpunktwerte aus dem Speicher (8) für die Bildkorrektur aufbereitet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die eingestellte Brennweite mittels der Steuersignale eines Antriebs (17) zur Einstellung der Brennweite an der Optik (3), zum Auslesen der entsprechenden Schwerpunktwerte aus dem Speicher (8) für die Bildkorrektur, erfaßt wird. 45
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die eingestellte Brennweite mit einer im Strahlengang des optischen Systems (3, 4) angeordneten Hilfsstruktur bekannter Größe und Geometrie erfaßt wird; wobei die Abbildung der Hilfsstruktur berücksichtigt wird. 50
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß brennweiten- und/oder bildwinkelabhängige schwerpunktwerte des neuronalen Netzwerkes (7) durch einen Trainingsprozeß des neuronalen Netzwerkes (7) mit Hilfe einer oder mehrerer Musteranordnungen (20, 21, 22) ermittelt werden.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß für den Brennweitenbereich der Optik (3) mehrere Sätze von Schwerpunktwerten ermittelt werden. 55

---

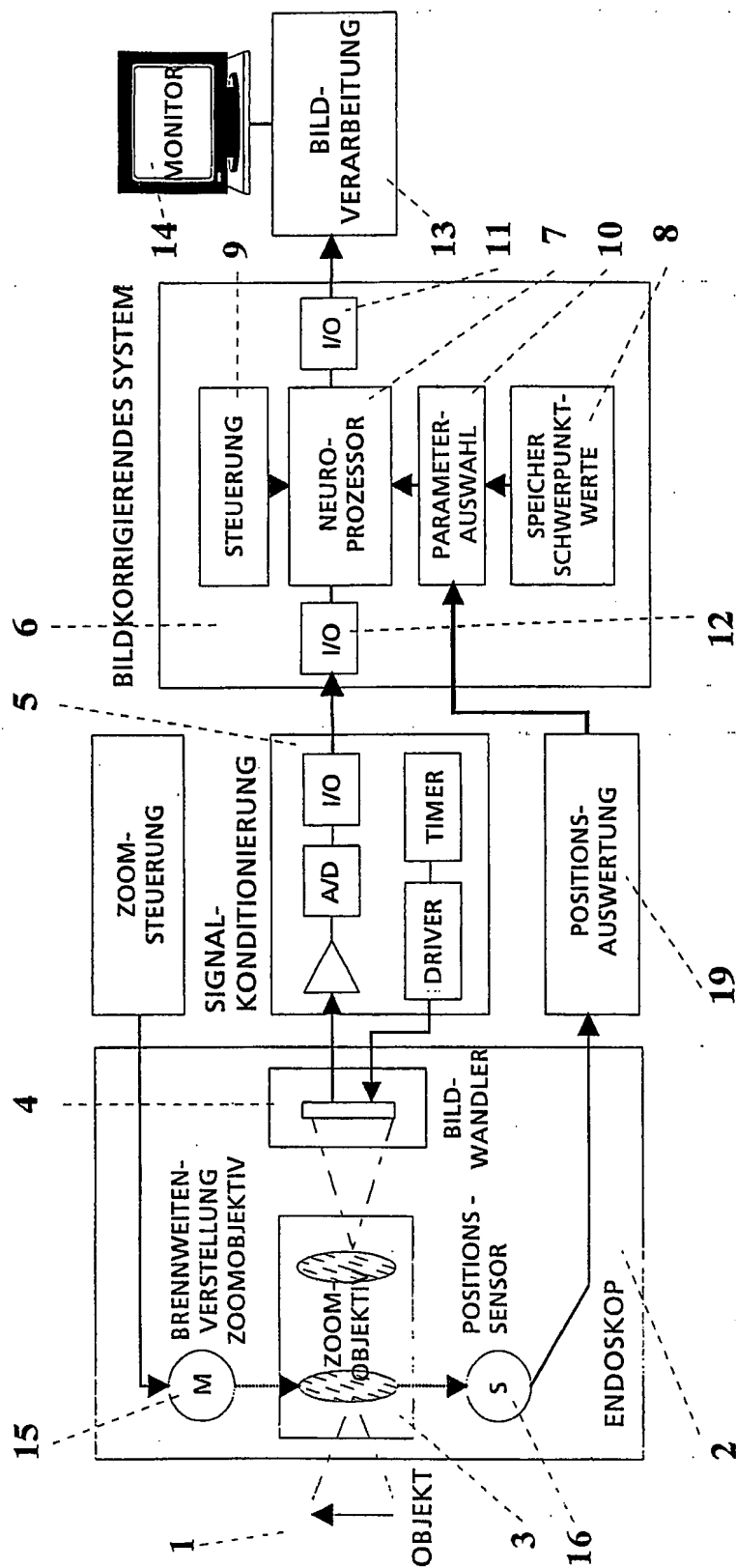
Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

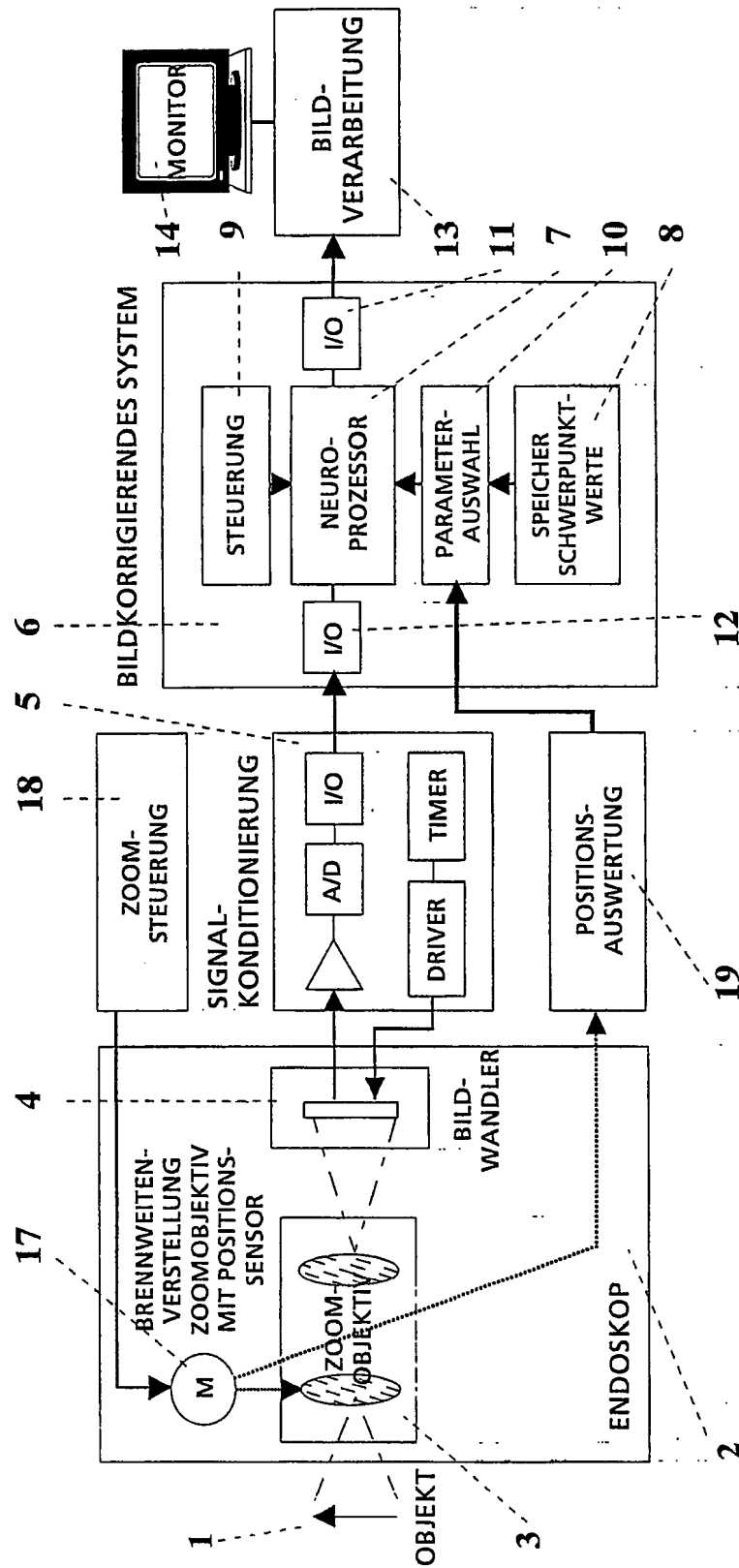
60

65

- Leerseite -

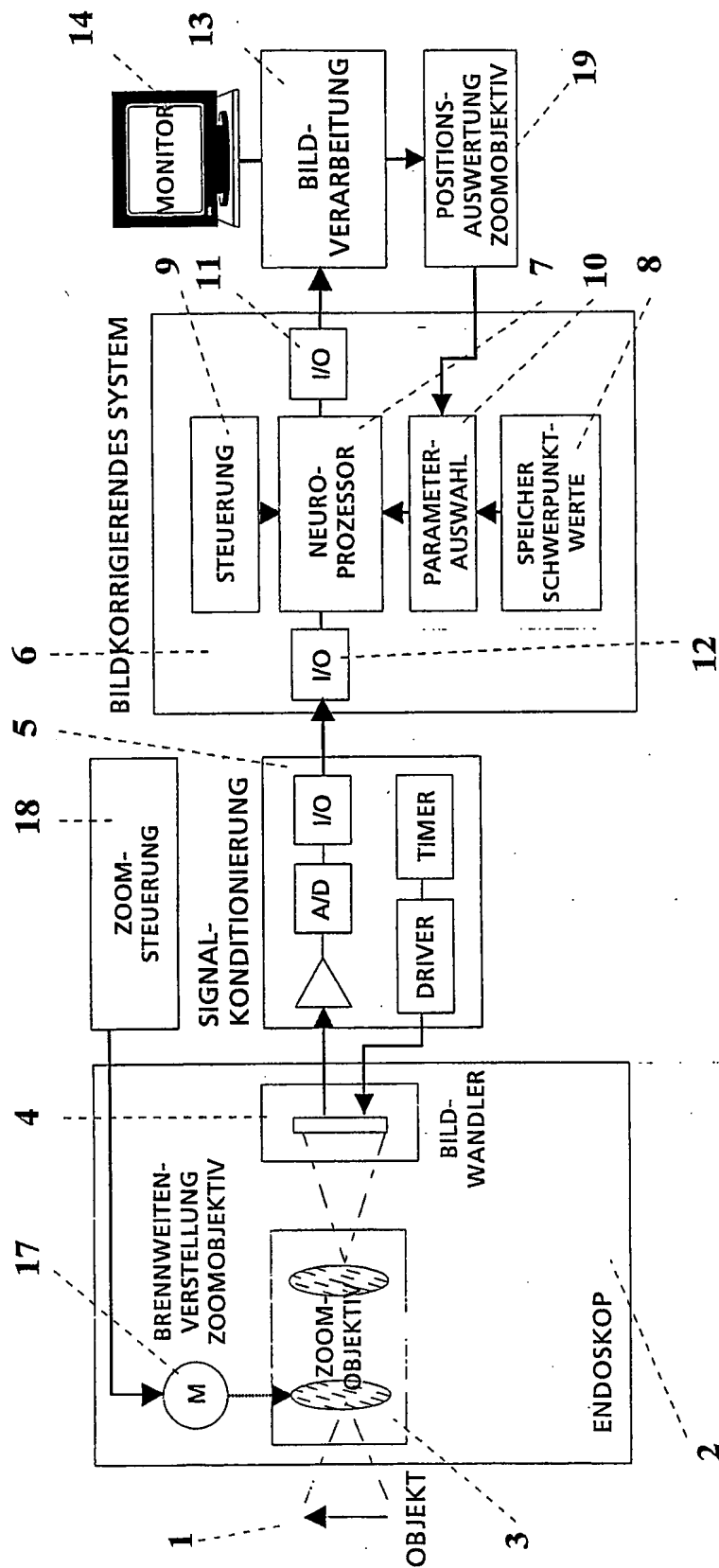


Figur 1

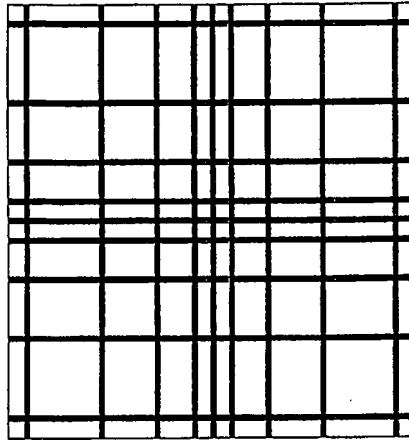


Figur 2

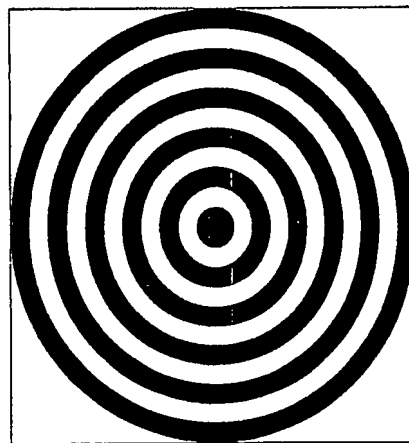




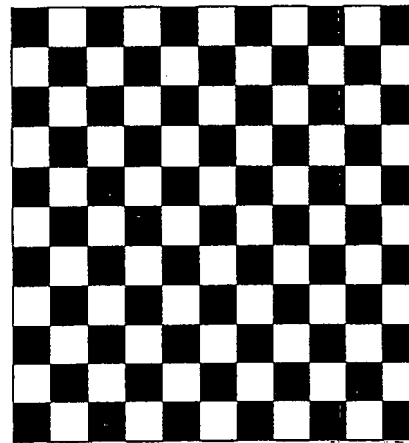
Figur 3



22



21



20

Figur 4